

東海地震に係る被害想定手法について

1. 建物被害

1) 揺れによる建物被害の想定

想定項目（アウトプット）

- ➡ 揺れによる建物全壊・半壊棟数（市町村単位）

想定的基本的考え方

- ➡ 「全壊」の定義は、自治体の罹災証明における判別定義に従う。（義援金配分の際に「全壊」の扱いを受ける建物被害）
- ➡ 上限値・中間値・下限値による推計値を算出する。
- ➡ 木造建物・非木造建物の**構造別**に異なる被害率テーブルを用いる。
- ➡ 木造建物については、さらに**建築年次別**（S35年以前 / S36～S55 / S56年以降）に区分して算出・集計を行う。
- ➡ 非木造建物については、建築年次による区分を行わない。

被害想定手法

< 揺れによる木造建物の被害 >

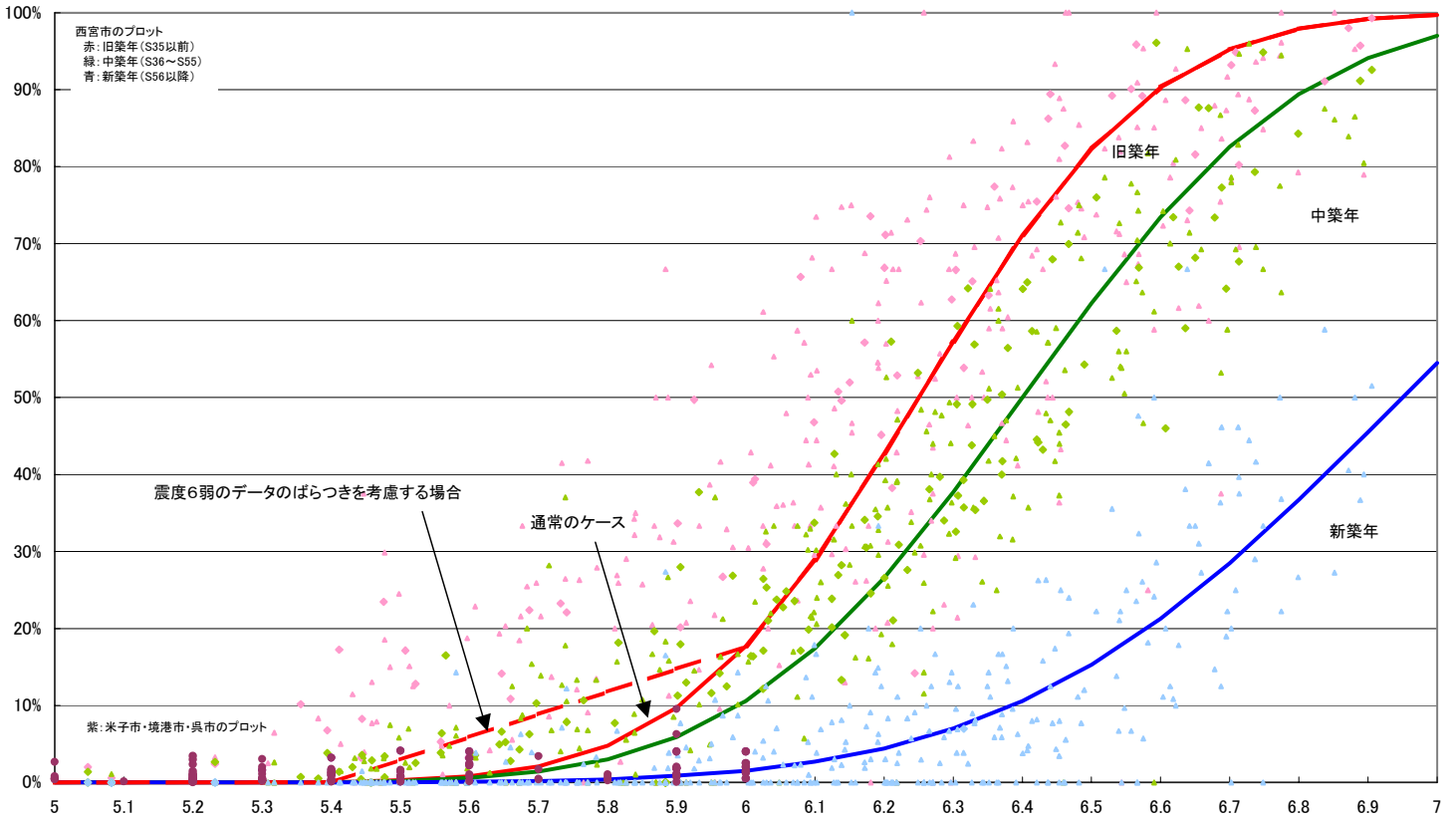
- ➡ 計測震度と被害率との関係（被害率テーブル）から、揺れによる建物被害を算出する。
- ➡ 兵庫県南部地震における西宮市のデータ（町丁目別）、鳥取県西部地震における鳥取市のデータ、芸予地震における呉市のデータを活用する。（別紙1）
- ➡ 木造建物全壊率については、山崎の手法（1999）に代表される多くの有識者の提案に従い、標準正規分布の累積確率密度関数を用いて表現する。
 - ▶ $P(I) = \{ (I - \mu) / \sigma \}$
 - ▶ ここで、 $P(I)$: 被害が発生する確率、 I : 計測震度、 (x) : 標準正規分布の累積確率密度関数、 μ : I の平均値、 σ : I の標準偏差
 - ▶ ただし、1kmメッシュ単位で震度分布を表現していることに對し、被害を推定する際は1kmメッシュ内の地質等の状況を考慮し補正。
 - ▶ 震度6弱の部分については、プロットデータに大きなばらつきが見られるため、部分的に直線を使用して、これらのばらつきを考慮した被害率テーブルを用いた場合も計算する。

<揺れによる非木造建物の被害>

- ◆ 木造建物と同様、兵庫県南部地震における西宮市のデータ、鳥取県西部地震における鳥取市のデータ、芸予地震における呉市のデータを活用する。
- ◆ 非木造建物全壊率については、上記のプロットデータの特徴から、被害の出始める震度を切片とした直線を仮定する。(別紙2)
 - ▶ ただし、1kmメッシュ単位で震度分布を表現していることに対し、被害を推定する際は1kmメッシュ内の地質等の状況を考慮し補正。

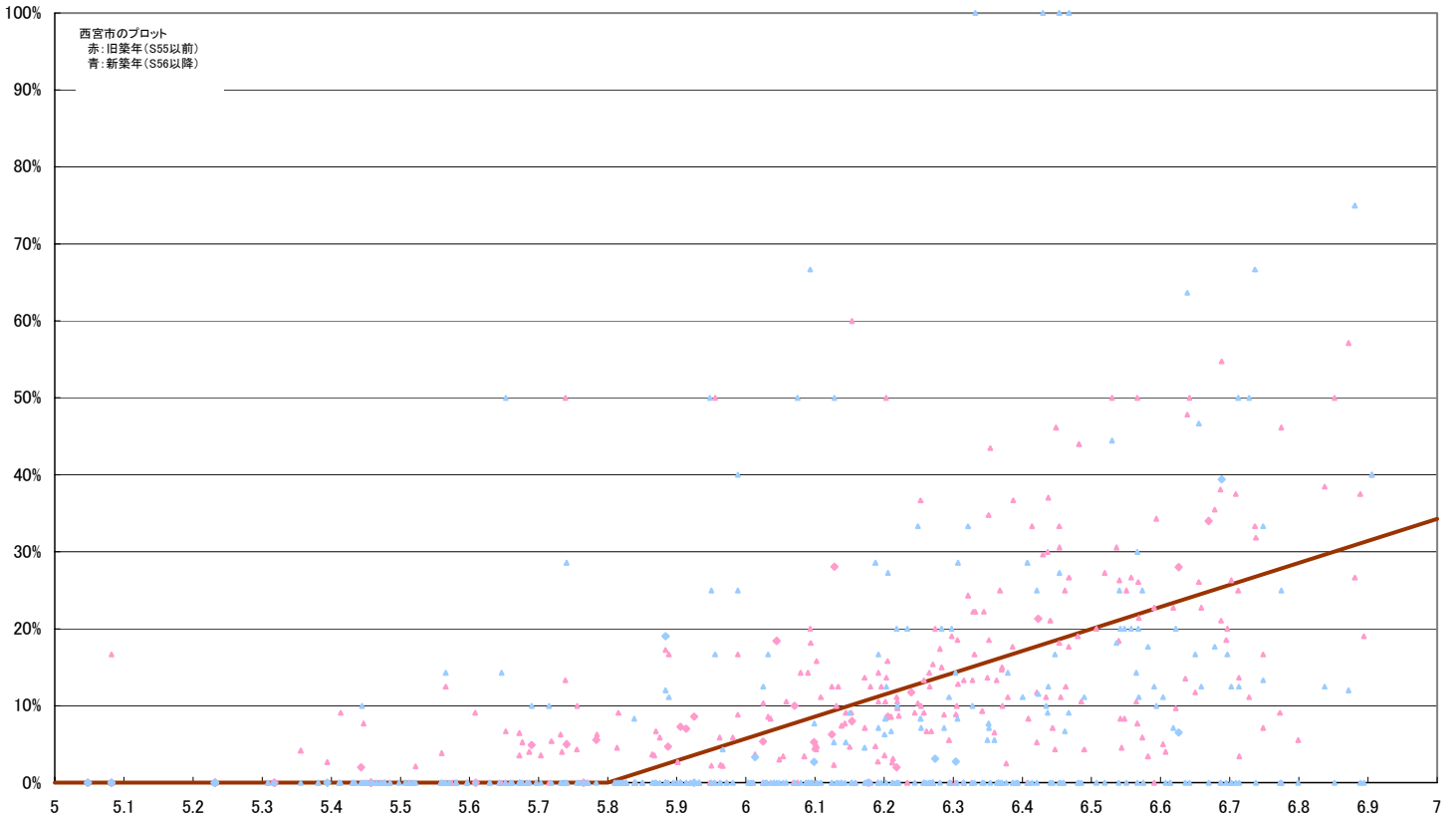
別紙 1

木造家屋全壊率



別紙 2

非木造家屋全壊率



2) 液状化による建物被害の想定

想定項目（アウトプット）

- 液状化による建物全壊・半壊棟数（市町村単位）

想定的基本的考え方

- 液状化危険度（ランク）は当該メッシュの PL 値をもとに決定する。
- 木造建物・非木造建物の構造別に異なる被害率テーブルを用いる。
- 木造建物については、さらに建築年次別（S35 年以前 / S36 年以降）に区分して算出・集計を行う。

被害想定手法

- 液状化判定結果と被害率の関係から、液状化による建物被害を算出する。
- 液状化危険度を PL 値によってランク分けする。
 - ▶ ランク A : PL > 15.0
 - ▶ ランク B : 15.0 PL > 5.0
 - ▶ ランク C : 5.0 PL > 0.0
- 関東大震災、新潟地震、日本海中部地震の被害事例をもとに、液状化が発生した場合の被害率を、以下のように設定する。

液状化による木造建物全壊率

S35年以前	S36年以降
13.3%	9.6%

液状化による非木造建物全壊率

杭なし	杭あり ※
23.2%	0.0%

※ 杭あり: 4F以上の建物及び
S55以降の1~3Fの建物の20%

- 各液状化危険度ランクにおいて液状化する面積は表のように与えられるものとし、以下の式に基づいて建物被害を計算する。

▶ (液状化による全壊棟数) = (建物棟数) × (全壊率) × (液状化面積率)

液状化面積率

ランク	面積率
A	18%
B	5%
C	2%

3) 津波による建物被害の想定

想定項目 (アウトプット)

- 津波による建物全壊・半壊棟数 (市町村単位)

想定の基本的前提

- 津波による建物被害の要因としては、**津波水位の効果のみ**を対象とする。
 - 津波による建物被害は、水位と流速との相乗効果によるとの見方があるが、これらの相乗効果を考慮したマクロ予測手法が確立されていないため、本専門調査会における被害想定では、水位の効果のみを考慮する。
- 建物被害の評価に用いるパラメータとしては、**津波浸水深**を用いる。(次頁の表では津波高)
(別紙3)

被害想定手法

- 過去の津波の被害事例に基づき、浸水深と被害区分との関係を導き出している首藤の手法(1988)を用いて、津波による建物被害を想定する。
- 首藤の手法における浸水深と被害区分との関係は、以下の表で表される。

被害区分	浸水深(H)	
	木造建物	非木造建物
床上(全壊)	$2.0\text{m} \leq H$	—
床上(半壊)	$1.0\text{m} \leq H < 2.0\text{m}$	—
床上(軽微)	$0.5\text{m} \leq H < 1.0\text{m}$	$0.5\text{m} \leq H$
床下浸水	$H < 0.5\text{m}$	$H < 0.5\text{m}$

- ただし、内陸部における浸水では、流速が弱まっているものと考え、家屋は破壊には至らないものと考えられる。このため、全壊棟数・半壊棟数については、海岸線等に接している1kmメッシュからのみ発生するものとする。
- 上記に加え、各都県からの浸水地域の実態(砂浜等で家屋がない等)を聞き取り、個別に補正を行う。

別紙 3

表 津波高と被害程度

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高 (m)	1	2	4	8	16	32
津波形態	緩斜面	岸で盛上がる	沖でも水の壁 第二波砕波	先端に 砕波を伴う ものが増え る。	第一波でも 巻き波砕波を 起こす。	
	急斜面	速い潮汐	速い潮汐			
音響	全面砕波による連続音 (海鳴り、暴風雨)					
				浜での巻き波砕波による大音響 (雷鳴。遠方では認識されない)		
				崖に衝突する大音響 (遠雷、発破。かなり遠くまで聞こえる)		
木造家屋	部分的破壊		全面破壊			
石造家屋	持ちこたえる		(資料無し)		全面破壊	
鉄・コン・ビル	持ちこたえる			(資料無し)		全面破壊
漁船			被害発生	被害率50%	被害率100%	
防潮林被害 防潮林効果	被害軽微 津波軽減 潮流物阻止			部分的被害 潮流物阻止	全面的被害 無効果	
養殖筏	被害発生					
沿岸集落			被害発生	被害率50%	被害率100%	
打上高(m)	1	2	4	8	16	32

出所) 首藤伸夫「津波強度と被害」
(1992年、津波工学研究報告第9号 101-136)

4) 急傾斜地崩壊による建物被害の想定

想定項目（アウトプット）

- ▶ 急傾斜地崩壊による建物全壊・半壊棟数（市町村単位）

想定の基本的考え方

- ▶ 急傾斜地崩壊の起こりうる箇所の危険度ランク別に**崩壊確率**を定める。
- ▶ 崩壊した箇所の被害については、斜面崩壊による**震度別被害率**を適用する。
- ▶ 崩壊確率と被害率から、斜面災害による建物被害を算出する。

被害想定手法

- ▶ 急傾斜地崩壊の起こりうる箇所のデータを用いて、震度分布との重ね合わせにより、当該メッシュの危険度ランクを判定する。
- ▶ 1978年宮城県沖地震の実態をもとに、危険度ランク別の崩壊確率を以下のように設定する。

ランク	崩壊確率
A	95%
B	10%
C	0%

- ▶ 宮城県沖地震と伊豆大島近海地震の実態をもとに、崩壊箇所の震度別被害率を以下のように設定する。

	～震度4	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7
全壊率	0%	6%	12%	18%	24%	30%
半壊率	0%	14%	28%	42%	56%	70%

- ▶ 危険箇所内の家屋数に、崩壊確率、震度別被害率を掛け算して、斜面災害による建物被害を算出する。
 - ▶ （急傾斜地崩壊による全壊棟数）＝（危険箇所内の建物棟数）
×（危険度ランク別崩壊確率）×（震度別全壊率）
- ▶ 危険箇所内の家屋数は、国土交通省の調査による急傾斜地崩壊危険箇所内の人家戸数の値を用いる。
- ▶ これまでに行われた危険箇所の改修工事による被害軽減を考慮し、県別の対策工着手率に基づき補正を行った。

2 . 火災被害

1) 出火の想定

想定項目 (アウトプット)

➡ 炎上出火件数 (市町村単位)

想定的基本的考え方

- ➡ 出火の要因としては、主に一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線からの出火を対象とする。
 - ▶ 阪神・淡路大震災時に神戸市内で発生した火災の大半が一般家屋からの出火であり、揺れの大きい地域ほど出火が多くなっている。
 - ▶ 上記の主要因以外に、化学薬品・漏洩ガスによる出火についても考慮する。
 - ▶ 危険物施設からの出火については、定性的な評価とする。(なお、阪神・淡路大震災では、危険物施設からの出火は全く発生していない)
 - ▶ 通電火災については、定量評価を行うための十分な事例研究が少ないため、定性的な評価とする。
- ➡ 本被害想定では、地震時に発生する全ての出火(全出火)のうち、家人、隣人、自主防災組織等の初期消火が半分成功すると仮定し、残りの組織的な消防活動が必要とされる炎上出火を取り扱う。
- ➡ 発災季節・発災時刻としては、地震火災からみて最悪の条件と考えられる冬の夕方18時を始め、冬の早朝5時、秋の昼12時の3ケースを設定する。
 - ▶ ただし、電気機器・配線からの出火は、季節や時間帯の違いによらず発生する。
- ➡ 都市ガス普及率やマイコンメータの普及率の違いを考慮する。

被害想定手法

- ▶ 阪神・淡路大震災時の事例をもとに、揺れ・液状化による全壊率と出火率との関係から出火件数を算定する。(下記は冬の夕方18時のケースであり、5時、12時の出火率はこれより低い)

- ▶ 一般火気器具からの出火:(出火率) = $0.0022 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

- ▶ 電熱器具からの出火:(出火率) = $0.0043 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

- ▶ 電気機器・配線からの出火:(出火率) = $0.00036 \times (\text{全壊率})^{0.73}$

- ▶ 以下の阪神・淡路大震災時の出火要因比率を参考とし、上記の出火数を、化学薬品・漏洩ガスによる出火も加えた出火数に補正する。

火気器具	電熱器具	電気機器・配線	化学薬品	漏洩ガス
16.4%	32.7%	32.6%	6.0%	12.3%

- ▶ 基本式は、阪神・淡路大震災当時のマイコンメータの普及率約75%が前提となっているため、この値と各県のマイコンメータ普及率との格差を出火数に反映する。
 - ▶ プロパン供給エリアは、マイコンメータが普及していない地域と同様の出火率と考える。
- ▶ 初期消火率を50%と考え、炎上出火件数 = 出火件数 × 0.5 とする。

予知ありの場合の考え方

- ▶ 化学薬品・漏洩ガスについては、事務所等での事前の安全確保措置により、警戒宣言時には出火原因とならないものとした。
- ▶ 静岡県のアンケート結果をもとに、警戒宣言時に的確な行動をとる方が73.9%いることから、火気器具および電熱器具については73.9%が事前に始末され出火しないものと考え、また、電気機器・配線については事前の行動に関わらず全て出火するものとして計算した。

2) 延焼の想定

想定項目 (アウトプット)

- ▶ 焼失棟数、焼失面積 (市町村単位)

想定的基本的考え方

- ▶ 延焼については、過去のデータを参考にしつつ、炎上出火件数のうち、地域の消防力の運用 (近隣の消防車台数及びその到達時間を考慮) により消されず残った火災を残火災として設定し、**残火災を対象として延焼規模を想定する。**
- ▶ 各メッシュの**不燃領域率より求められる焼失率**から、焼失棟数を算出する。
- ▶ 阪神・淡路大震災時と同様の風速 3m の場合、関東大震災時と同様の風速 15m の場合の延焼について、それぞれ想定する。

被害想定手法

- ▶ 各市町村の消防車保有台数と出火地点までのかけつけ時間に応じた消防力の運用効果をシミュレーションし、消されずに残った火災を残火災と考える。
- ▶ 不燃領域率と焼失率の関係には、阪神・淡路の被害実績や建設省総合技術開発プロジェクトによるシミュレーション結果から求められた、大阪府の式を用いる。
 - ▶ なお、この式は、公園・広場・耐火造建物などの不燃領域や道路・河川等による延焼遮断効果を考慮したシミュレーション結果から求められているため、この式を用いることにより、これらの効果もマクロ的に反映されているものと考えられる。

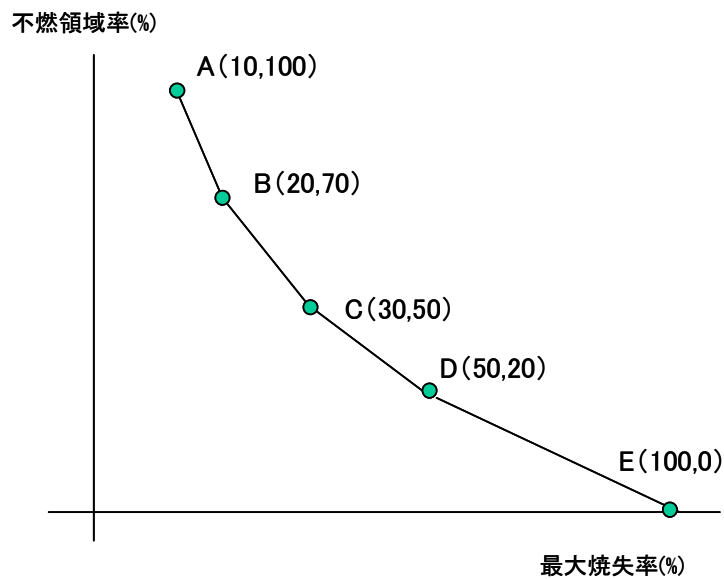


図 不燃領域率と焼失率の関係

出所)大阪府地震被害想定調査 (平成9年3月、大阪府)

- ▶ 基本式は、阪神・淡路大震災の実態に基づいているため、風速が3mのケースであると考えられる。このため、関東大震災時と同様の風速15mの場合についても計算する。
- ▶ 建設省総合技術開発プロジェクトによるシミュレーション結果から、風速が異なる場合の不燃領域率と焼失率との関係を比較すると、関東大震災時と同様のケースでは、焼失率が約2倍になると考えられる。

3 . 人的被害

1) 建物倒壊による死傷者数の想定

想定項目 (アウトプット)

- 死者数・負傷者数・重傷者数・重篤者数 (市町村単位)

想定の基本的考え方

- 死者の発生要因としては、**建物の全壊**、負傷者の発生要因としては、**建物の全壊及び半壊**を対象とする。
 - ▶ 阪神・淡路大震災では、家屋の倒壊などによる窒息・圧死が死者全体の約 80% を占めており、多くの人倒壊した家屋の下敷きとなり亡くなった。
- 木造建物と非木造建物では、死者等の発生の様相が異なることから、**木造建物、非木造建物を区別し**、それぞれの建物からの死者数・負傷者数を想定する。
- 当該地震の発生時刻に建物内 (住宅内、その他施設内) にどれだけの人がいるか、その**滞留状況**について考慮する。
 - ▶ データ収集上の制約があり、土日曜・祝日、平日による滞留状況の違いまで考慮することは難しい。

被害想定手法

- 比較的最近で 300 人以上の死者が発生した **5 つの地震 (鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、阪神・淡路大震災)** の被害事例をもとに、**木造建物全壊棟数と死者数の関係を導き出し、死者数を想定する。**木造建物全壊棟数と死者数の関係は以下の式で表される。
 - ▶ **(木造建物からの死者数) = 0.0676 × (木造建物全壊棟数)**
- 非木造建物からの死者数については、木造建物からの死者数と同じ式によって算出し、静岡県 (1999) の手法を加味した補正係数を乗じる。
 - ▶ 静岡県 (1999) では、阪神・淡路大震災の結果をもとに、死者率 / 全壊率の値を、木造 : 0.0629、非木造 : 0.0155 としている。
 - ▶ **(非木造建物からの死者数) = 0.0676 × (非木造建物全壊棟数) × 補正係数 (0.0155 / 0.0629)**
- 負傷者の想定については、阪神・淡路大震災時の被害事例をもとに負傷者率と建物被害率 (全壊率 + 1/2 半壊率) の関係を設定した、大阪府の手法 (1997) を用いる。負傷者率と建物被害率の関係は以下の式で表される。

▶ (木造・非木造建物からの負傷者率)

$$= 0.12 \times (\text{木造・非木造建物被害率}) \quad (0(\%) \text{ 建物被害率} < 25(\%))$$

$$= 7 - 0.16 \times (\text{木造・非木造建物被害率}) \quad (25(\%) \text{ 建物被害率} < 37.5(\%))$$

$$= 1 \quad (37.5(\%) \text{ 建物被害率})$$

▶ 重傷者の想定については、阪神・淡路大震災時の被害事例をもとに、以下のような重傷者率と建物全壊率の関係を導き出している。

▶ (木造・非木造建物からの重傷者率) = 0.0309 × (木造・非木造建物全壊率)

▶ 上記の基本式に、各時間帯ごと、各施設ごとの滞留者比率を乗じることにより、死者数、負傷者数及び重傷者数を算定する。

▶ (各時間毎の滞留者比率) = (各時間毎の滞留者数) / (夜間人口)

▶ (滞留者) = (住宅内滞留者) + (その他施設内滞留者) + (移動者)

▶ 上記を静岡西縁都市圏パーソントリップ調査(平成7年度)により把握

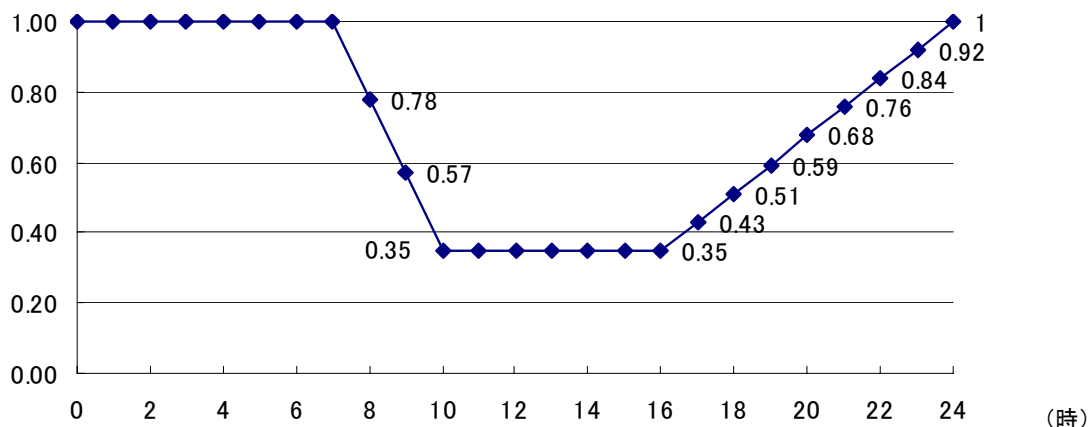


図 住宅内滞留者の比率(時間帯別)

出所) 静岡西縁都市圏パーソントリップ調査(平成7年度)を基に作成

予知ありの場合の考え方

▶ 「東海地震についての県民意識調査」(平成12年2月、静岡県)の結果をもとに、警戒宣言時に的確な行動をとる方が全体で73.9%いることから、73.9%の方は事前に避難済みであるものとして計算した。

▶ (警戒宣言発令時の死者数・負傷者数) = (上記の死者数・負傷者数の基本式) × (1 - 0.739)

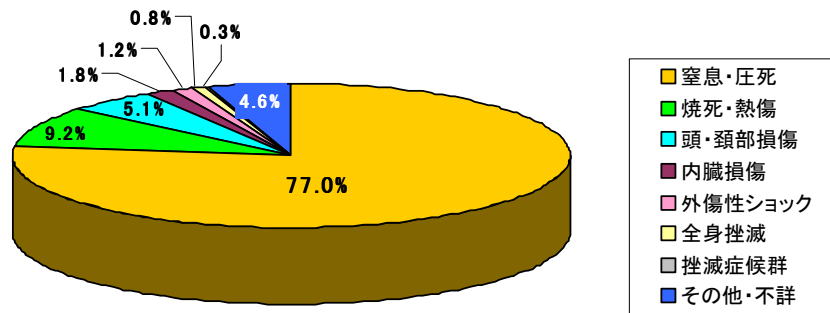


図 阪神・淡路大震災における死者発生要因

出所) 人口動態統計からみた阪神・淡路大震災による死亡の状況(旧厚生省)

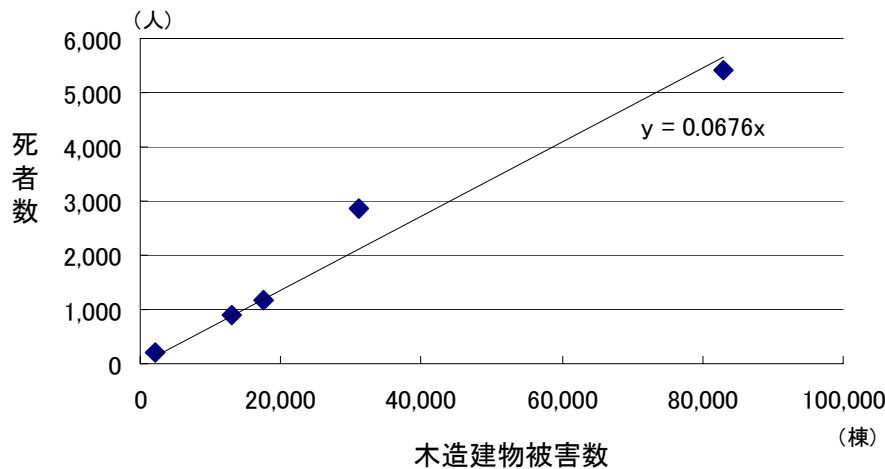


図 過去5地震からみた死者数と木造建物被害数との関係

注1) 鳥取地震(1943)のデータは、鳥取県鳥取市、岩美郡、気高郡を対象としたものである。
 注2) 東南海地震(1944)のデータは、三重県吉津、尾鷲、長島、木本、静岡県袋井を対象としたものである。
 注3) 南海地震(1946)のデータは、和歌山県御坊、田辺、新宮各警察署管内、兵庫県洲本警察署管内、徳島県海部郡、高知県高知港、中村、須崎各警察署管内を対象としたものである。
 注4) 福井地震(1948)のデータは、福井県足羽郡、吉田郡、坂井郡、今立郡、丹生郡、江沼郡を対象としたものである。
 注5) 阪神・淡路大震災(1995)のデータは、兵庫県神戸市、西宮市、芦屋市、宝塚市、北淡町を対象としたものである。

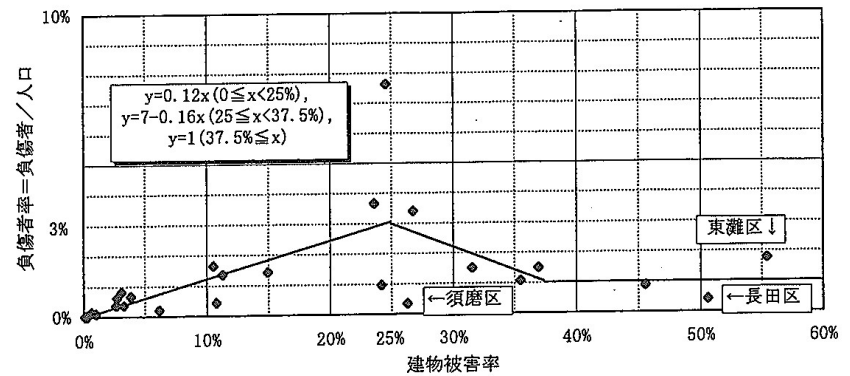


図 阪神・淡路大震災時における建物被害率と負傷者率の関係

出所) 大阪府地震被害想定調査(平成9年3月、大阪府)

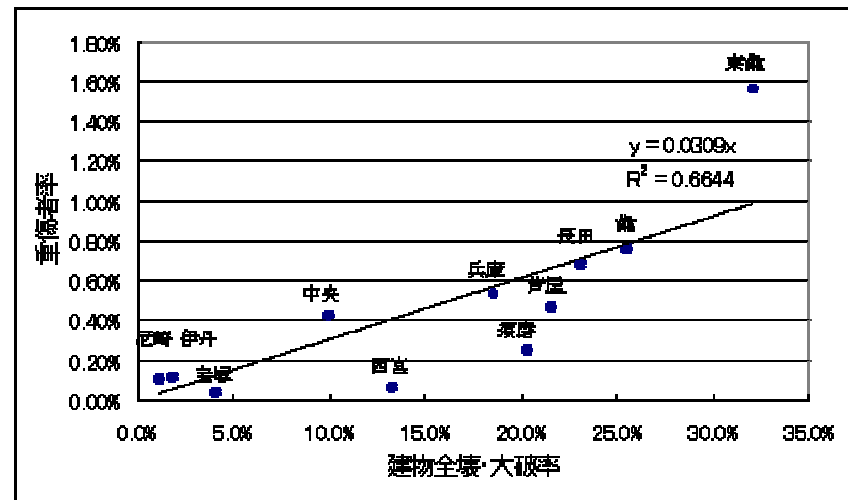


図 阪神・淡路大震災時における建物全壊率と重傷者率の関係

注) 各市区別の建物全壊率データは、旧建設省建築研究所の調べによるものである。

2) 津波による死者数の想定

想定項目 (アウトプット)

- ▶ 津波による影響人口
- ▶ 死者数・負傷者数・重傷者数
 - ▶ a. 人々の避難意識；北海道南西沖地震での奥尻町のケース（即座に避難行動をとった比率 71.1%）
 - ▶ b. 人々の避難意識；日本海中部地震等のケース（即座に避難行動をとった人の比率 20%）

想定的基本的考え方

- ▶ 津波による死者の発生要因は様々なものが考えられるが、死者数等の算定にあたっては浸水エリア内における滞留人口との関係から求める。
 - ▶ 北海道南西沖地震津波において死者が発生している地域の多くは、全壊流出などの被害が発生するような、浸水被害の大きかった地域である。
- ▶ 当該地震の発生時刻にどれだけの人がいるか、その滞留状況について考慮する。
- ▶ 各地域の津波第一波の到達時間による被害の違いについても考慮する。

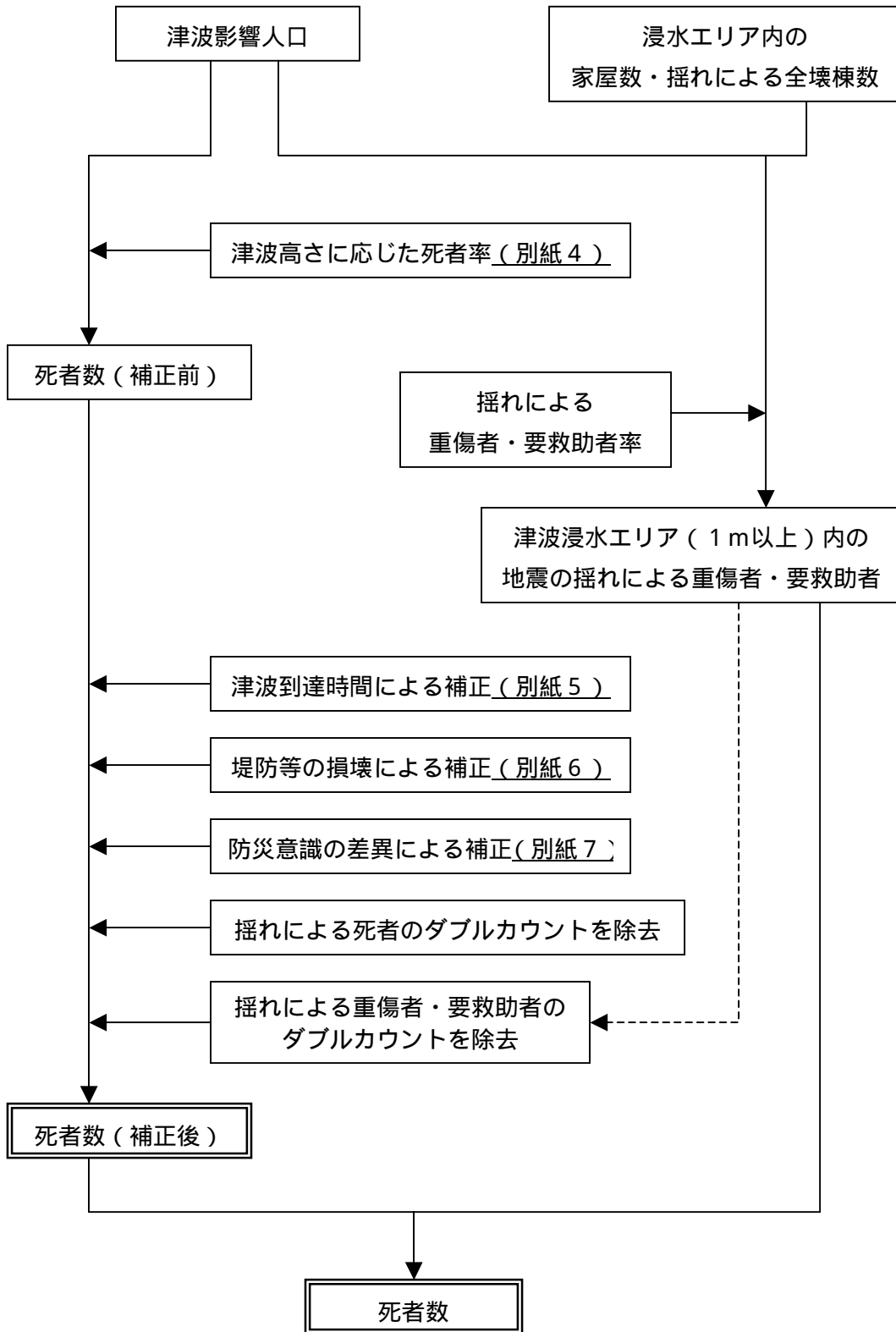
被害想定手法

- ▶ 浸水深が 1 m 以上となるエリア内の滞留人口を「津波影響人口」と考える。

津波到達時間	～ 20 分	20～30 分	30～60 分	60 分～	合計
津波影響人口	約 11,000 人	約 4,100 人	約 7,500 人	約 9,500 人	約 32,000 人

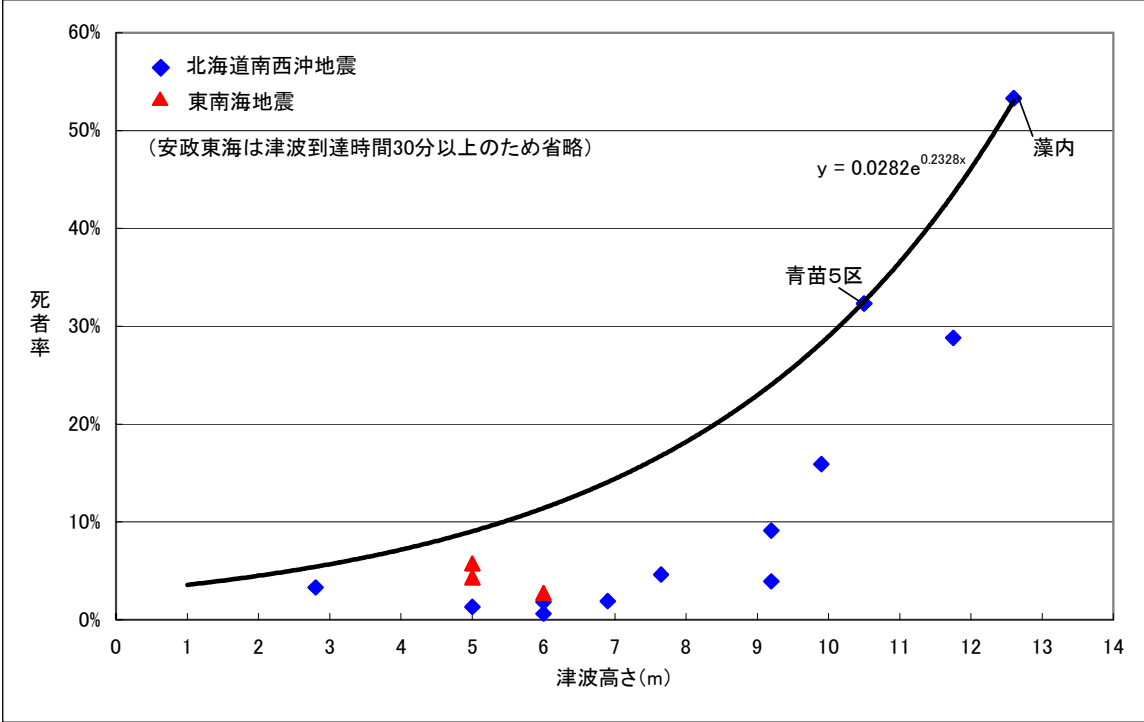
- ▶ 津波影響人口をもとに、津波による死者数を次頁のフローによって算出する。
 - ▶ 死者率を津波高さに応じて設定する。
 - ▶ 津波第一波の到達時間による被害の違いについて考慮する。
 - ▶ 地震の揺れと津波の複合災害を定義化するため、浸水エリア内の地震の揺れによる重傷者数及び要救助者数については、津波到達時間が 60 分以内の場合は逃げるのが困難であることから、死者としてカウントする。

津波による死者数の算出フロー



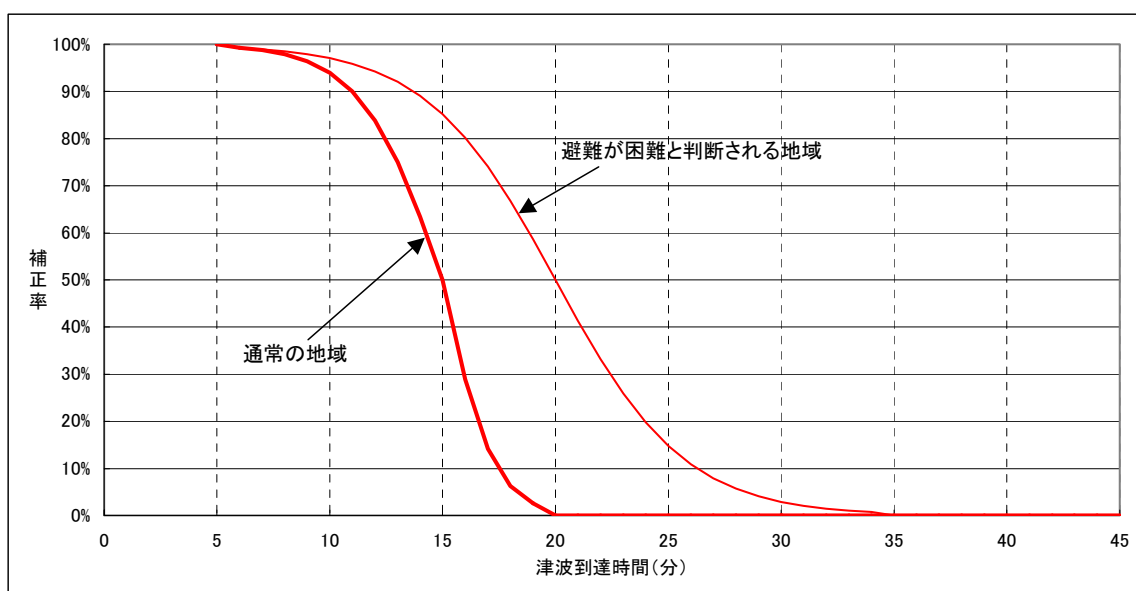
別紙 4 津波高さに応じた死者率

津波高さに応じた死者率



別紙5 津波到達時間による補正

- ▶ 上記の手法によって算出した死者数は、地震後すぐに津波が到達する場合を想定しているが、実際は津波到達時間が遅くなるほど、避難場所への避難が可能となる人数が多くなるため、津波到達時間による補正率を設定した。また、避難意識が低い場合の避難時間の補正率も設定した。
- ▶ 揺れを感知し、避難行動に移るまでの時間を5分と仮定し、一般的な一次避難所までの所要時間を勘案し、避難が完了するまでに要する時間を15分程度と仮定する。ただし、震度が6弱以上であり、道路が閉塞したり周囲の地形により通常よりも避難が困難で時間を要すると判断される地域については、避難開始から避難完了までに30分程度を要するものと仮定する。なお、昼及び夕方については、これより早く避難行動を開始できると考えられるが、条件の厳しい早朝の場合に条件を合わせるものとした。(北海道南西沖では、5分でも相当数の人が逃げている)
- ▶ 地震後すぐに避難を完了できる人は少ないことから、最初は津波到達時間が長くなるにつれて徐々に減少の割合が大きく(上に凸)なり、最後はゼロに漸近(下に凸)するような曲線を仮定する。

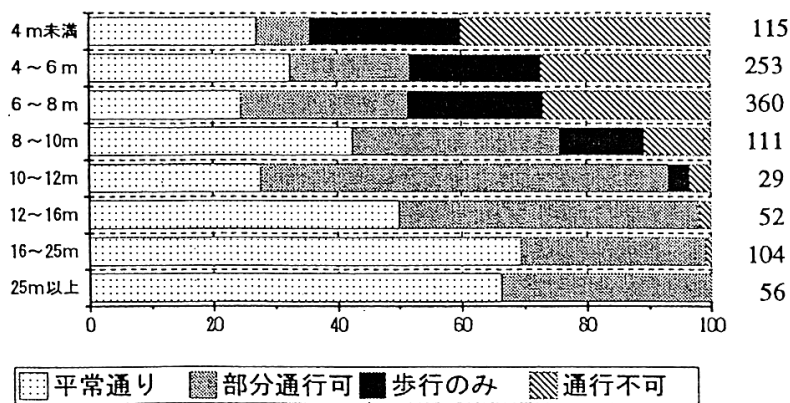


➡ なお、揺れによる被害のため、道路が閉塞され、津波避難時の逃げ遅れが発生する可能性がある。

▶ 阪神・淡路大震災時は、震度7の家屋密集市街地において、幅の狭い道路で歩行不可能となる箇所が発生した。

▶ 早期に津波が到達する地域においては、道路幅が狭く、道路閉塞が発生する可能性がある。

阪神・淡路大震災時の神戸市灘区の激震地区（震度7）における幅員別道路状況



出所) 阪神・淡路大震災 インフラストラクチャー・ライフライン部会研究報告

➡ 北海道南西沖地震は、地震発生後5分で津波が到達したケースであるため、人々が避難行動を行うことが可能であったが、これより津波到達時間が短い場合、全く避難行動をとれないまま津波に襲われることが考えられる。奥尻町での未避難率が28.9%（後述）であることから、ここでは、地震と同時に津波が襲った場合（津波到達時間0分）は、未避難率が28.9%から100%に上がるものと仮定し、 $100 / 28.9 = 3.46$ 倍の被害が発生するものとした。（津波到達時間が途中の1～4分の場合は線形に補完）

別紙 6 堤防等の損壊による補正

- 震度 6 弱以上の地域では、堤防に亀裂が発生したり、水門の機能支障が発生するなど、海岸構造物が十分な機能を発揮しない場合も考えられる。
 - ▶ 阪神・淡路大震災時は、震度 6 強以上の地域で約半数、震度 6 弱の地域で約 1 / 3 の水門に機能支障が発生した。

- これを踏まえ、震度 6 強以上のエリアでは 1 / 2、震度 6 弱のエリアでは 1 / 3 の割合で水門等の機能支障や堤防等が損壊すると仮定し、その割合分は海岸構造物の効果がないものとして、被害の補正を行った。
 - ▶ 震度分布に基づき、以下の割合の機能支障が発生するものとした。

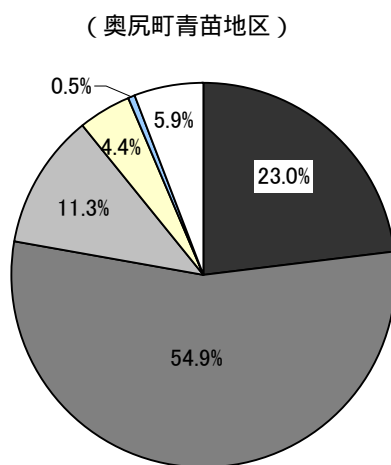
別紙 7 防災意識の差異による補正

➤ 上記の手法によって算出した死者数は、人々の避難意識が北海道南西沖地震時の奥尻町での意識と同じ場合（ケース a）の数字である。

➤ 人々の避難意識が日本海中部地震での意識と同じ場合（ケース b）については、ケース a の 2.8 倍の人が、適切な行動をとらないものと考えられる。

▶ 奥尻町を対象とした北海道南西沖地震時のアンケートによる未避難率は 18.9%（逃げ遅れた死者数をカウントすると 28.9%）、日本海中部地震時のアンケート等を参考にした場合の即座に避難していない人の割合を 80%程度（次頁以降参照）と仮定。

▶ 即座に避難しない人の割合は、ケース b（80%）は、ケース a（28.9%）のおよそ 2.8 倍程度となる。（ $= 80\% / 28.9\%$ ）



早期避難率：81.1%（無回答除く）

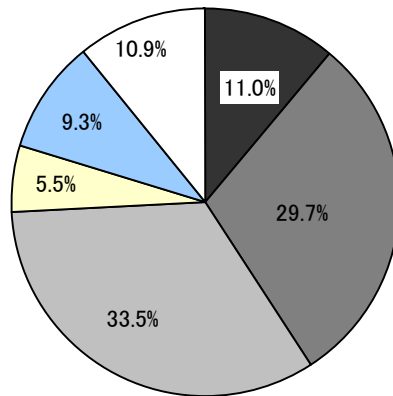
■ 揺れがおさまらないうちに避難した	■ 津波が来ないうちに避難した
□ 津波が来てから避難した	□ 避難できなかった
■ 避難しなかった	□ その他・無回答

図 北海道南西沖地震時における被害実態（奥尻町青苗地区）

出所）1993 年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達
（平成 6 年 1 月、東京大学社会情報研究所）

- ▶ 以下の各アンケート結果等を踏まえて、ケースbにおいては、津波に対する早期避難率が20%程度（未避難率＝80%程度）であると想定する。

日本海中部地震の経験のない島牧村では早期避難率は42.8%



早期避難率：42.8%（無回答除く）

- 揺れがおさまらないうちに避難した
- 津波が来ないうちに避難した
- 津波が来てから避難した
- 避難できなかった
- 避難しなかった
- その他・無回答

図 北海道南西沖地震時における被害実態（島牧村）

出所）1993年北海道南西沖地震における住民の対応と災害情報の伝達（平成6年1月、東京大学社会情報研究所）

日本海中部地震の際の能代市では避難した人や避難しようとした人が17.6%
津波警報を聞いてあなたはどんなことをしましたか。次のなかからいくつでも結構ですから
選んでください。(N=392)

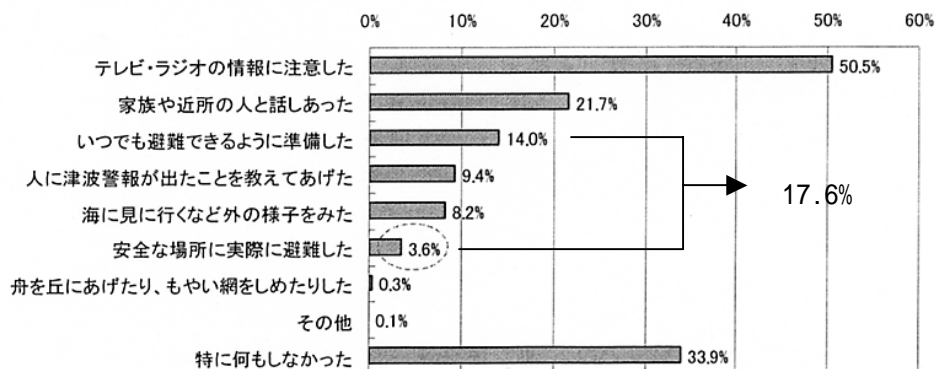


図 日本海中部地震時における住民の対応（秋田県能代市）

出所）東京大学新聞研究所、昭和58年5月

日本海中部地震の時に津波の被害の心配をした人は 14.2%

地震直後、自宅近辺が津波の被害を受けると思ったか
(海岸地区の人 290 名について)

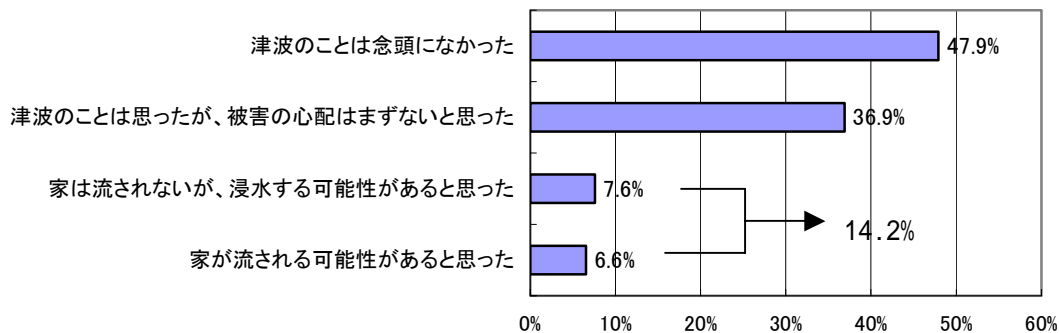
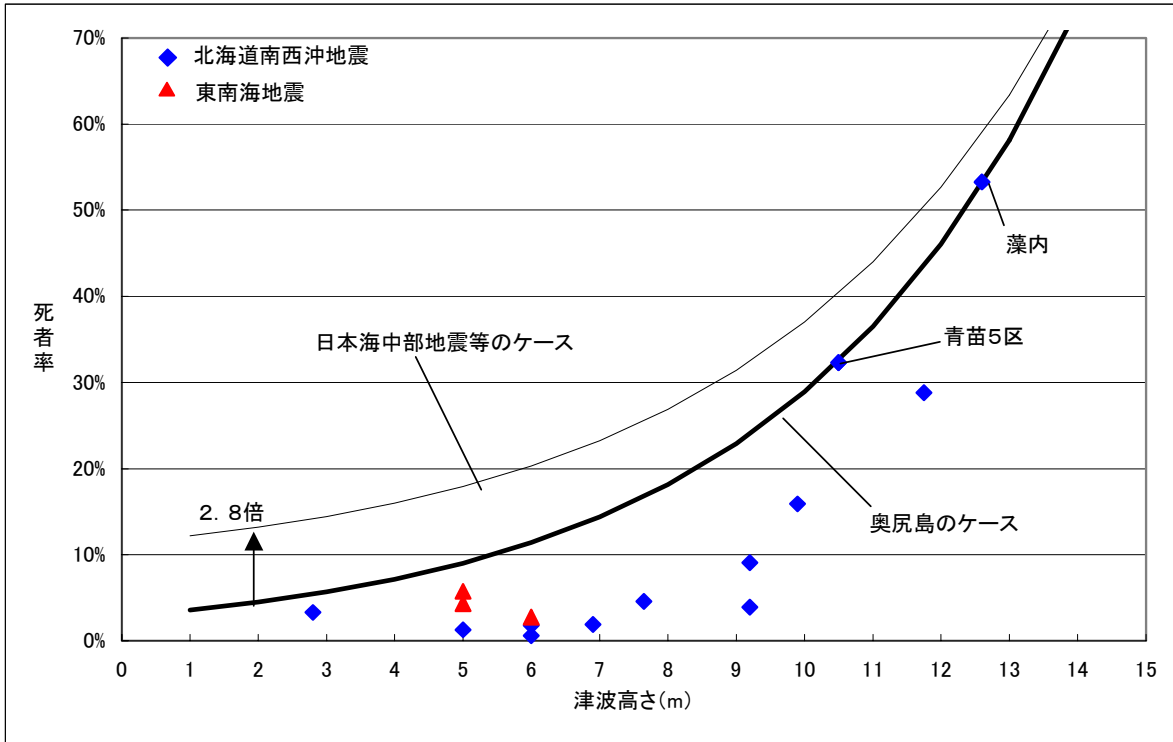


図 日本海中部地震時における海岸地区の人の津波に対する意識

出所) 昭和 58 年日本海中部地震調査報告書 (自治省消防庁、(財)消防科学総合センター)

➡ これを踏まえ、避難意識が低いケースbについては、津波による死者率が増加し、さらに適切に避難しないことによる逃げ遅れも増加するものと仮定して、避難意識が低い場合の死者率及び避難補正率をそれぞれ設定した。

▶ 2 mのところでは2.8倍、高いところで70%程度になるように死者率を設定した。



▶ 津波の高さが高いところでも、死者率は70%程度である。

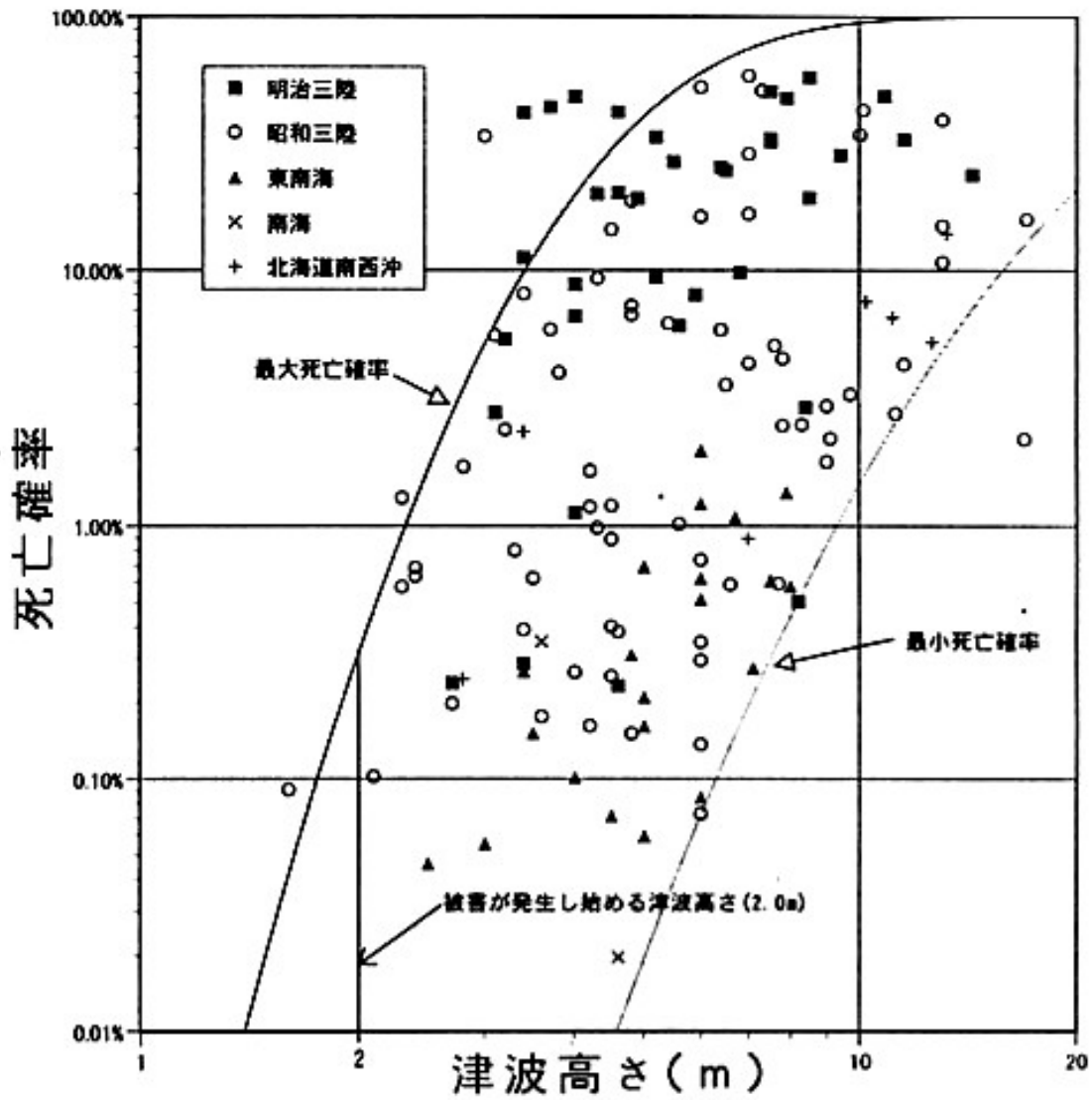
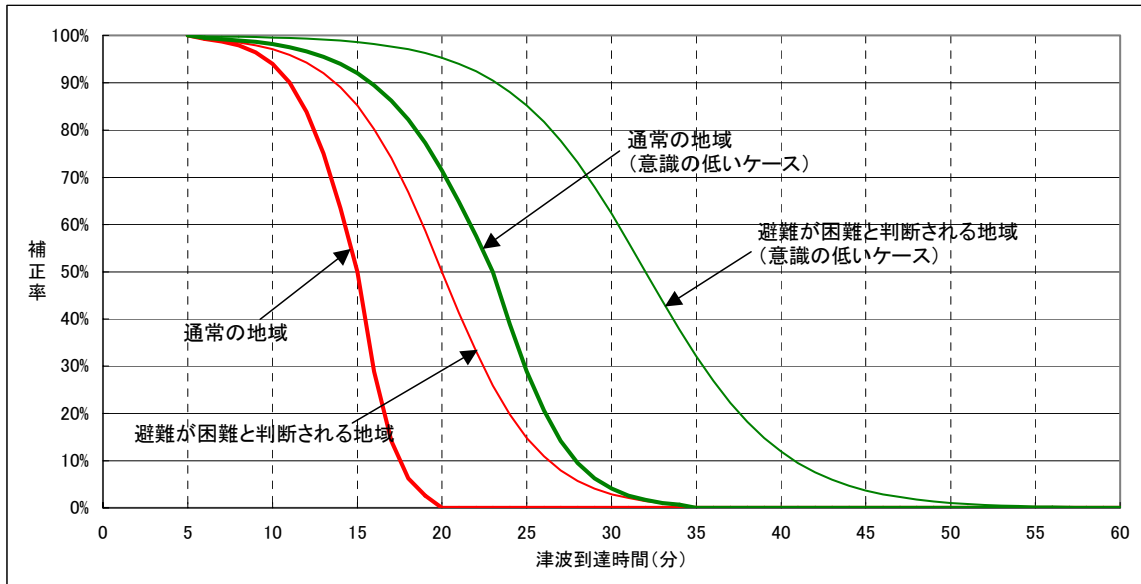


図 津波による死亡確率曲線と津波被害事例との関係

出所) 河田恵昭「大規模地震災害による人的被害の予測」自然災害科学 16-1, pp3-13, 1997

▶ 時間的に、約2倍程度要するものとした。



津波による死者数を拡大させるその他の要因

- ▶ 定量的に評価して死者数にカウントすることは困難であるが、津波による死者数を大きく拡大させる可能性のある要因として、以下の事象が考えられ、適切に対策を講じる必要がある。
- ▶ 海水浴シーズンにおいては、海水浴客が多く滞留している浜辺を津波が襲う危険性がある。
 - ▶ 海水浴客は、地元事情に詳しくない外来者が多いこと、津波防災施設の外側の海浜分に滞留していること、避難場所までの距離が遠いこと等から津波時に大きな被害が生じる可能性がある。
- ▶ 津波到達時間に若干の猶予があり、地震発生後に港湾・漁港労働者が漁船等の確認のために集まってきた場合には、被害が拡大する恐れがある。

予知ありの場合の考え方

- ▶ 静岡県のアナケート結果をもとに、津波危険地域および津波・山崖危険地域住民については、警戒宣言時に的確な行動をとる方が85%いることから、85%の方は事前に避難済みであるものとして計算した。

3) 急傾斜地崩壊による死傷者数の想定

想定項目（アウトプット）

- ▶ 死者数・負傷者数（市町村単位）

想定の基本的考え方

- ▶ **揺れにより引き起こされた斜面の崩壊（崖崩れ）により家屋が倒壊し、それに伴って死者及び重傷者が発生する場合**を想定する。
 - ▶ 斜面の崩壊により道路・鉄道が被災し、人的被害につながる場合については、地震が発生した時刻にその危険な場所を通行していたかどうかという偶然性に依存する部分が強いいため、想定しない。
- ▶ 当該地震の発生時刻に建物内にどれだけの人がいるか、その**滞留状況**について考慮する。
 - ▶ データ収集上の制約があり、土日曜・祝日、平日による滞留状況の違いまで考慮することは難しい。

被害想定手法

- ▶ 東京都防災会議（1991）の手法に従い、**1967年から1981年までの崖崩れの被害実態から求められた、被害棟数と死者数・負傷者数との関係式により、人的被害を算出**する。
- ▶ 崖崩れによる建物全壊数と死者・負傷者数の関係を以下の式とする。
 - ▶ (崖崩れによる死者数) = $0.098 \times$ (崖崩れによる大破棟数)
 - ▶ (崖崩れによる負傷者数) = $1.25 \times$ (崖崩れによる死者数)
 - ▶ 大破棟数は、全壊棟数 $\times 0.7$ に等しいものとした。

予知ありの場合の考え方

- ▶ 静岡県のアンケート結果をもとに、津波危険地域および津波・山崖危険地域住民については、警戒宣言時に的確な行動をとる方が85%いることから、85%の方は事前に避難済みであるものとして計算した。

4) 火災による死傷者数の想定

想定項目（アウトプット）

- ▼ 死者数・負傷者数（市町村単位）

想定的基本的考え方

- ▼ 死者及び負傷者の発生要因としては、**延焼火災**を対象とする。
- ▼ 当該地震の発生時刻に建物内にどれだけの人がいるか、その**滞留状況**について考慮する。
 - ▶ データ収集上の制約があり、土日曜・祝日、平日による滞留状況の違いまで考慮することは難しい。

被害想定手法

- ▼ 消防白書における過去 5 年間の平常時火災の集計結果をもとに、以下の焼失棟数と死傷者数の関係式から、死傷者数を求める。
 - ▶ (火災による死者数) = $0.055 \times$ (焼失棟数)
 - ▶ (火災による負傷者数) = $0.21 \times$ (焼失棟数)
 - ▶ ただし、焼失棟数には**発災後 6 時間後の焼失棟数**を用いるものとした。

予知ありの場合の考え方

- ▼ 静岡県のアンケート結果をもとに、警戒宣言時に的確な行動をとる方が 73.9%いることから、火気器具および電熱器具については 73.9%が事前に始末され出火しないものと考え、また、電気機器・配線については事前の行動に関わらず全て出火するものとして計算した。

4 . ライフライン被害

1) 上水道被害の想定

想定項目 (アウトプット)

- ➡ 配水管の被害箇所数(被害率)、断水人口とその復旧状況

想定的基本的考え方

- ➡ 阪神・淡路大震災を含む過去の地震被害の事例からみると、配水管を中心とする管路の被害が広範囲かつ大量に発生しており、大規模な断水を引き起こしている。
 - ▶ 阪神・淡路大震災時の神戸市では、配水管の管体、継手、属具に多くの被害が生じ(配水管漏水 1757 箇所)、復旧に長期を要する原因となった。
 - ▶ 地震発生直後、一時的に全市 65 万戸が断水状態に陥った。
- ➡ 一方、浄水場等の基幹施設については、地震によって断水にいたるような被害を受けた事例は少なく、自治体で被害想定を実施した事例もほとんどないのが現状である。
 - ▶ 個別の基幹施設の被害想定においては、耐震診断等の詳細な検討が不可欠であり、マクロ予測手法で被害想定すべきものではない。
- ➡ このような観点から配水管の被害とそれに伴う断水を対象として、それらがどの程度発生するかをマクロ的に想定する。

被害想定手法

- ➡ 阪神・淡路大震災の水道管(鋳鉄管)の被害事例をもとに、地表最大速度と被害率の関係を導き出した、東京都の手法(1997)を用いて配水管の被害率を想定する。地表最大速度と被害率の関係は以下の式で表される。
 - ▶ (被害率) = $2.24 \times 10^{-3} \times \{(\text{地表最大速度}) - 20\}^{1.51}$

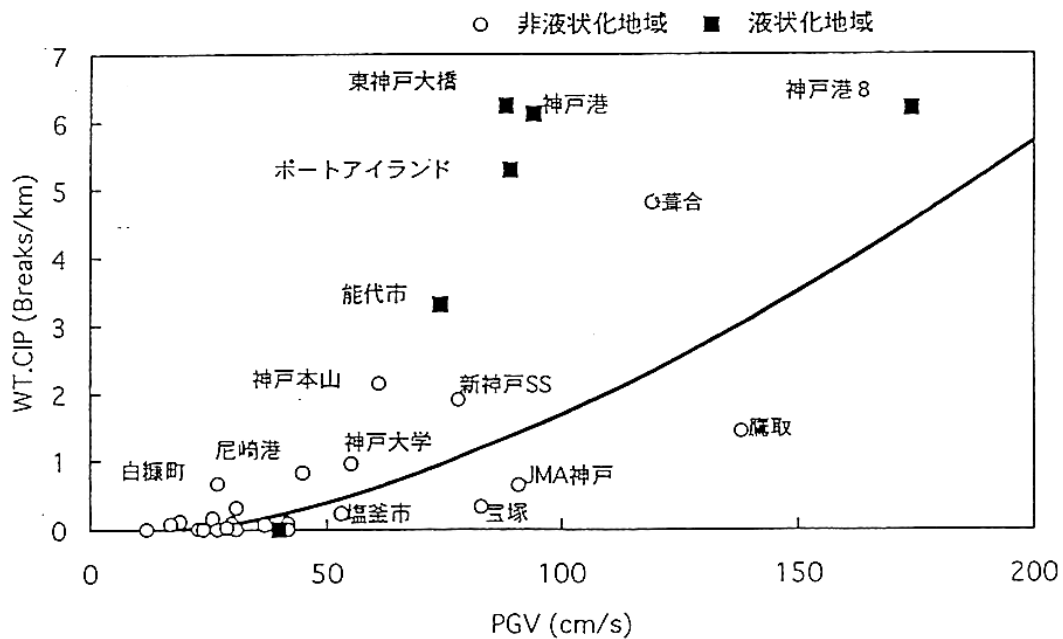


図 水道管(鉄管)の被害率と地表最大速度との関係

▼ 断水率については、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害事例をもとに配水管の被害率と水道供給支障率(断水率)の関係を設定した、川上の手法(1996)を用いて算定する。配水管の被害率と水道供給支障率(断水率)の関係は、以下の式で表される。

▶ (水道供給支障率(断水率))

$$= 1 / \{1 + 0.0473 \times (\text{配水管被害率})^{-1.61}\} \quad (\text{地震直後})$$

$$= 1 / \{1 + 0.307 \times (\text{配水管被害率})^{-1.17}\} \quad (\text{地震1日後})$$

$$= 1 / \{1 + 0.319 \times (\text{配水管被害率})^{-1.18}\} \quad (\text{地震2日後})$$

▶ 地震1週間後の断水率は、阪神・淡路大震災時の実態に基づき、地震直後の断水率×0.5とする。

(例)配水管被害率を0.5ヶ所/kmとした場合の断水率

直後	1日後	2日後	1週間後
87.4%	59.1%	58.0%	43.7%

2) 下水道被害の想定

想定項目 (アウトプット)

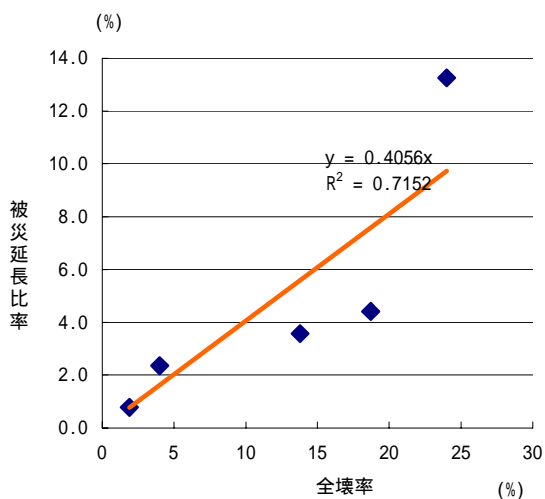
- ▶ 下水道管渠の被害箇所数(被害率)、供給支障需要家数(供給支障率) (都道府県単位)

想定の基本的前提

- ▶ 下水道管渠のうち、幹線管渠は支線管渠に比べ、管渠断面、掃流力が大きいため、損傷部から流入した土砂は掃流力により押し流されることから、被害が発生したとしても、流下機能が著しく損なわれる可能性は低いと考えられる。
- ▶ また、処理場等の基幹施設については、地震によって供給支障にいたるような被害を受けた事例は少なく、自治体で被害想定を実施した事例もほとんどないのが現状である。
- ▶ このような観点から、支線管渠を対象にマクロ的に被害想定を行う。

被害想定手法

- ▶ 下水道管渠の被害箇所数、供給支障需要家数については、阪神・淡路大震災時の神戸市周辺の被害事例をもとに、各都道府県ごとの被害量をマクロ統計手法により把握する。
 - ▶ (被災延長比率) = $0.4056 \times$ (建物全壊率)



3) 電力施設被害の想定

想定項目（アウトプット）

- ▶ 停電人口とその復旧状況

想定的基本的考え方

- ▶ 阪神・淡路大震災では、架空配電設備や地中配電設備において顕著な被害がみられたが、その他の施設・設備については、停電につながるような被害を受けたものはなかった。
- ▶ ここでは、揺れ・液状化による家屋被害が直接電力施設の被害につながるものとして、マクロの停電人口を想定する。

被害想定手法

- ▶ 阪神・淡路大震災の実態に基づき、揺れ・液状化による全壊棟数に対する停電世帯の比率を用いて、各市町村の停電世帯数・人口を求める。

$$\blacktriangleright (\text{停電世帯数}) = (\text{全壊棟数 1 棟に対する停電世帯数比率}) \times (\text{全壊棟数})$$

全壊棟数1棟に対する停電世帯数の比率

直後	1日後	1週間後	1ヶ月後
25.0世帯	3.8世帯	2.0世帯	0.0世帯

4) 都市ガス被害の想定

想定項目（アウトプット）

- 都市ガスの供給停止戸数とその復旧状況

想定的基本的考え方

- 阪神・淡路大震災では、低圧導管や中圧導管において顕著な被害がみられたが、その他の施設・設備については、特に大きな被害を受けたものはなかった。
 - 阪神・淡路大震災時の大阪ガス(株)管内における中圧導管、低圧導管の被害箇所数はそれぞれ106箇所、26,459箇所となっている。
- 万が一の場合には、ガス事業者側からの働きかけでガス供給を停止することが可能である。
 - 阪神・淡路大震災の当日、大阪ガス(株)ではガス漏れによる二次災害を防止するため、神戸市や阪神間の都市を中心に、約86万戸の需要家へのガス供給を停止した。
- 阪神・淡路大震災でガス供給が停止された地域と、震度6弱以上の地域はエリア・面積からみてかなりの部分オーバーラップする。
- ここでは、揺れ・液状化による家屋被害が直接ガス供給施設の被害につながるものとして、マクロのガス供給支障人口を想定する。

被害想定手法

- 阪神・淡路大震災の実態に基づき、揺れ・液状化による全壊棟数に対するガス供給支障世帯の比率を用いて、各市町村のガス供給支障世帯数・人口を求める。
 - (ガス供給支障世帯数) = (全壊棟数1棟に対するガス供給支障世帯数比率) × (全壊棟数)

全壊棟数1棟に対するガス供給支障世帯数の比率

直後～1週間	2週間後	1ヶ月後	2ヶ月後
6.9世帯	6.3世帯	4.7世帯	0.7世帯

5) 電話・通信施設被害の想定

想定項目（アウトプット）

- 電話施設の被害に伴う使用不能人口とその復旧状況

想定の基本的考え方

- 阪神・淡路大震災では、兵庫県南部地域の全回線の約2割に及ぶ28万5千回線が使用不能となった。うち、加入者ケーブルの損傷によるものは、19万3千回線である。交換機被害によるものは29時間後に復旧、加入者ケーブルの損傷によるものは2週間後に10万回線復旧した。
- 架空設備に大きな被害があったが、その根本的な原因としては、地震動単独によるものではなく、二次的な災害（家屋倒壊巻き込まれ、建柱地盤の崩壊等）がほとんどであった。
 - ▶ 阪神・淡路大震災では、地下ケーブルは架空線に比べ被害は少なかった。
- 被害の有無にかかわらず、全国からの安否確認や緊急通信のための被災地への呼の集中が輻輳状態となり、終日電話がかかりにくい状態が続いた。
 - ▶ 阪神・淡路大震災時の兵庫エリアへの呼は1日のトラヒックで通常の10倍、ピーク時では約50倍に達したと推定されている。
 - ▶ 被災地の防災機関などの通話、公衆電話発信を確保するため、地震当日、全国的に「06」、
「07」で始まる地域で50%の一般通話規制を実施、瞬時には95%近い数字になった。

被害想定手法

- 震度6強以上の地域（市区町村）では、全人口の14%が使用不能となるとし、マクロの被害状況を想定する。
- また、その後の復旧状況は、阪神・淡路大震災の実態に基づき、以下のとおりとする。

電話使用不能率

直後	1週間後	2週間後
14%	10%	7%

5 . 交通・輸送施設被害

想定項目（アウトプット）

➡ 定性的な評価

想定の基本的考え方

➡ 阪神・淡路大震災以降、交通・輸送施設は個別に耐震強化されており、被害量の軽減が図られているものと考えられるが、これらを定量的に予測することは困難であるため、被害量の算出は行わず、以下の各ケースについて、過去の地震災害の様相を踏まえ、定性的に評価を行うものとする。

< 道路・鉄道 >

- ▶ 揺れ等による構造物・路線被害、電柱・架線等の被害、山・崖崩れの影響等に伴う交通支障の発生
- ▶ 被災の程度や災害応急対策の状況によっては、東西幹線交通の一定期間利用困難

< 港湾 >

- ▶ 耐震強化を講じていない岸壁等の被害
- ▶ 発災後長時間にわたり津波が繰り返し到達することによる機能停止
- ▶ アクセスルートの寸断による輸送機能低下

< 空港・ヘリポート >

- ▶ アクセスルートの寸断による輸送機能低下

6 . 生活支障

1) 避難生活の想定

想定項目 (アウトプット)

- ▶ 避難者数 (避難先別)

想定的基本的考え方

- ▶ 建物被害やライフライン被害を起因とする避難者数 (避難所生活者、避難所外生活者) を想定する。
- ▶ 避難先別 (避難所 / 親戚知人宅 / 賃貸住宅 / 勤務先施設 / 屋外 / その他) に避難者数を割り振る。
- ▶ 発災 2 日後 (ピーク時)、1 週間後、1 ヶ月後の避難者数を想定。

被害想定手法

- ▶ 自宅の倒壊・焼失やライフライン支障 (断水) により自宅での生活が不便になる人を推定する。(市町村別)
 - ▶ 全壊・焼失人口 (世帯数) = 全壊・焼失棟数率 × 人口 (世帯数)
 - ▶ 半壊人口 (世帯数) = 半壊棟数率 × 人口 (世帯数)
 - ▶ 断水人口 (世帯数) = 断水率 × (全人口 - 全壊・焼失人口 - 半壊人口)
- ▶ 静岡県民へのアンケート調査をもとに、自宅滅失時の避難先比率を用いて、避難先別の割り振りを行う。
- ▶ 発災 1 週間後は、自宅建物に被害のない避難所生活者が帰宅すると仮定。ただし断水が長く続いている場合は、阪神・淡路のアンケート結果より、断水時の居住支障率を 97% とする。
- ▶ 発災 1 ヶ月後における避難者は自宅建物被害を理由とする人だけとする。

自宅建物が全壊・焼失した場合の避難先 (静岡県民アンケート)

	避難所	親戚知人宅	賃貸住宅	勤務先施設	屋外避難	その他	計
持ち家	546	201	76	9	54	10	896
借家	76	35	10	5	2	0	128
その他	1	1	2	0	1	0	5
計	623	237	88	14	57	10	1,029

2) 物資不足(食料・飲料水・生活必需品不足量)の想定

想定項目(アウトプット)

- ✦ 食料・飲料水・生活必需品不足量

想定的基本的考え方

- ✦ 主要備蓄・調達量(飲料水については給水可能量)と需要との差から、それぞれの不足量を想定する。

被害想定手法

<食料不足量>

- ✦ 食糧需要は阪神・淡路大震災の事例に基づき、避難所生活者を対象者として、1日3食を原単位と考える。
- ✦ 対象とする食糧は、米、主食系食糧(米以外)、粉ミルク(0歳児が対象)とする。
- ✦ 食糧の供給は、県・市町村の持つ備蓄・調達量及び家庭内持ち出し用在庫を想定する。
- ✦ 家庭内非常持ちだし在庫による供給量は、静岡県民へのアンケート調査をもとに算出する。
 - ▶ 非常持ち出し用食料の備蓄日数についてのアンケート結果では、1日備蓄を行っている家庭：12.4%、2日備蓄：18.5%、3日備蓄：17.8%
- ✦ 需要と供給の差より、不足量を算出する。

<給水不足量>

- ✦ 給水需要量は避難所生活者を給水需要者として算定する。
 - ▶ 飲料水のみを考慮する場合は1日3リットル、生活用水を含める場合(4日目以降)は1日20リットルを原単位とする。
- ✦ 給水供給量は県・市町村による備蓄及び家庭内在庫を想定する。
- ✦ 家庭内備蓄飲料推量は、静岡県民へのアンケート調査より求める。
 - ▶ 1日備蓄を行っている家庭：19.5%、2日備蓄：16.6%、3日備蓄：13.0%
- ✦ 需要と供給の差より、不足量を算出する。

<生活必需品不足量>

- ✦ 生活必需品は、住居を失って避難所生活をしている者を対象として需要を算出し、備蓄量との差から不足数を想定する。

3) 医療機能支障（要転院患者数、医療需給過不足数）の想定

想定項目（アウトプット）

- ▼ 要転院患者数、医療需給過不足数

想定的基本的考え方

- ▼ 医療機関自体の損壊、ライフラインの途絶による要転院患者数を想定。
- ▼ 入院需要発生数から医療機関の重傷者受入れ許容量を差し引いたときの医療需給過不足数を想定する。

被害想定手法

< 要転院患者数 >

- ▼ 平常時入院者数をベースに、医療機関建物被害率、ライフライン機能低下による医療機能低下率、転院を要する者の割合を乗じて算出する。
- ▼ 医療機関建物被害率は、全壊率 + 1/2 半壊率 + 焼失棟数率とする。
- ▼ ライフライン機能低下による医療機能低下率は、阪神・淡路の事例データを参考とし、断水あるいは停電した場合、震度 6 強以上地域では医療機能の 60% がダウンし、それ以外の地域では 30% がダウンすると仮定する。
- ▼ 転院を要する者の割合は 50% と設定する。

< 医療需要過不足数 >

- ▼ 医療需給過不足数は、重傷者対応を対象とする。
- ▼ 医療需要は、震災後の新規入院需要発生数として、重傷者 + 病院での死者（全死者数の 10% にあたる）を想定する。
- ▼ 医療供給量は、医療機関の病床数をベースとして、医療機関建物被害率（全壊率 + 1/2 半壊率 + 焼失棟数率）、空床率、ライフライン機能低下による医療機能低下率を乗じて算出する。
- ▼ 需要と供給の差より、過不足量を算出する。

4) 瓦礫発生量の想定

想定項目 (アウトプット)

- ▶ 瓦礫発生量 (躯体残骸物、津波水害ごみ)

想定の基本的前提

- ▶ 躯体残骸物は各要因による建物被害、津波水害ごみは津波による浸水が原因で発生すると考える。

被害想定手法

- ▶ 躯体残骸物発生量は、各要因による建物被害量 (大破 + 中破 × 0.5) と 1 棟あたり床面積から被害面積を算出し、以下の面積あたり瓦礫重量を原単位として算出する。

面積あたり瓦礫重量 (トン / m²)

木造	非木造	火災による焼失
0.6	1.0	0.23

- ▶ 津波水害ごみについては、地域防災計画の原単位をもとに、床上浸水家屋数 × 15.0m³ が発生するものとする。
- ▶ 重量から体積への換算は、木造 : 1.9m³ / トン、非木造 0.64m³ / トンを用いる。

5) 仮設トイレ不足量の想定

想定項目（アウトプット）

- ▶ 仮設トイレ不足量

想定的基本的考え方

- ▶ し尿処理需要と備蓄トイレ数の差から、不足量を想定する。

被害想定手法

- ▶ 需要は、避難所における避難者数を対象とし、100人あたり1基を原単位とする。また、容量で評価する場合は、1人1日あたりし尿排出量を1.2リットルとし、し尿収集の間隔日数を3日とする。
- ▶ 供給は県や市による仮設トイレの備蓄量（およびその総容量）とする。
- ▶ 需要と供給の差より、不足量を算出する。

7 . その他の被害

想定の基本的考え方

<その他の要因>

▼ 以下のケースにおいても、人的被害の発生が予想されるが、今回は被害が限られたり、定量的な想定が困難なものは、被害量の算出は行わないこととする。ただし、各ケースに対する対策は適切に講じる必要がある。

- ▶ ブロック塀等の倒壊
- ▶ 屋外落下物
- ▶ 屋内収容物の移動・転倒
- ▶ 道路上の自動車への落石等

<特徴的なケース>

▼ 海水浴シーズンにおける海水浴客の津波被害など、特徴的なケースにおける人的被害等を予想し、対策を検討する際にも考慮に入れておく必要がある。